

Early Journal Content on JSTOR, Free to Anyone in the World

This article is one of nearly 500,000 scholarly works digitized and made freely available to everyone in the world by JSTOR.

Known as the Early Journal Content, this set of works include research articles, news, letters, and other writings published in more than 200 of the oldest leading academic journals. The works date from the mid-seventeenth to the early twentieth centuries.

We encourage people to read and share the Early Journal Content openly and to tell others that this resource exists. People may post this content online or redistribute in any way for non-commercial purposes.

Read more about Early Journal Content at http://about.jstor.org/participate-jstor/individuals/early-journal-content.

JSTOR is a digital library of academic journals, books, and primary source objects. JSTOR helps people discover, use, and build upon a wide range of content through a powerful research and teaching platform, and preserves this content for future generations. JSTOR is part of ITHAKA, a not-for-profit organization that also includes Ithaka S+R and Portico. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.

cette exhubérante et nombreuse flore cryptogamique qui fait la réputation de ces localités. Mais il n'y fallut pas penser et nous revînmes en hâte de notre course pour ne pas manquer le véhicule. Le soir nous rentrions à Charleroi, harassés de fatigue mais chargés de récoltes que nous allions pouvoir étudier à loisir.

Des doubles courants dans les liquides; par M. Dardenne, professeur à Visé.

Quoique, lors de ma première communication (1), j'eusse déjà expérimenté pendant plusieurs mois, il y a dans mon premier travail quelques petites assertions que je crois devoir rectifier. Ces rectifications sont loin d'avoir une grande importance; mais j'ai voulu m'assurer de la vérité des faits que j'ai signalés, j'ai voulu les vérifier jusque dans leurs moindres détails.

Ces rectifications feront l'objet du premier paragraphe de cette notice; dans le deuxième, je rapporterai les expériences que j'ai faites depuis le mois d'avril; le troisième sera consacré à l'exposé des causes qui me paraissent suffisantes pour expliquer les doubles courants qui font l'objet de la précédente notice.

§ 1.

I, p. 132. — La largeur des canaux ou filets liquides est indifférente; mais ce qu'il y a d'essentiel, c'est que les

---

(1) Voir *Bulletins de la Société royale de Botanique de Belgique*, t. III, nº 1.

corpuscules solides soient d'autant plus ténus que ces conduits sont plus étroits. Cela se comprend, du reste : le courant descendant occupe toujours la majeure partie du canal; si les globules sont trop volumineux, ils ne peuvent trouver entre le courant et les parois la place qui leur est nécessaire. C'est ainsi qu'avec de la craie grossièrement écrasée, j'ai obtenu des courants contraires dans des filets liquides de cinq à six millimètres de largeur, et que j'ai constaté la présence de ces mêmes courants dans des canaux qui n'avaient guère que de huit à neuf dixièmes de millimètre. Il me semble qu'avec des moyens d'observation plus perfectionnés et de plus grandes précautions, il serait possible de reculer encore cette limite.

P. 132. — C'est le manque de pratique qui m'a fait dire que les courants contraires se produisent plus difficilement sur un carreau sec que sur un carreau couvert de goutelettes de condensation. Depuis trois mois, je fais toutes mes expériences sur un carreau sec, et je suis parvenu à répondre, huit fois sur dix, de la production immédiate des courants contraires. Il suffit, en effet, de régler la quantité d'eau. Pour cela, voici le moyen que j'ai employé et qui m'a toujours parfaitement réussi. J'ai pris un tube de verre d'environ trente centimètres de longueur et huit millimètres de diamètre intérieur; j'ai effilé une de ses extrémités à la lampe à alcool et ne lui ai laissé qu'une ouverture presque capillaire. Au moyen d'une simple aspiration, je prends dans le tube la quantité de liquide que je juge convenable. Le tube, ainsi préparé et placé par sa petite ouverture sur le carreau, perpendiculairement à son plan, ne donne, pour ainsi dire, aucun écoulement; mais, en l'inclinant plus ou moins vers le haut, on obtient un

courant aussi volumineux, par suite aussi rapide qu'on le désire. D'un autre côté, on peut, par ce moyen, emmagasiner une quantité de liquide assez considérable et prolonger l'expérience. Dans mes premiers essais sur le carreau sec, je ne pouvais placer l'eau que goutte à goutte, et si quelque particularité se produisait, je devais en prendre le dessin à la hâte; maintenant, je puis l'examiner dans tous ses détails, m'expliquer les moindres particularités qui se produisent, et rendre ensuite mes dessins aussi exacts, aussi complets que possible, et cela avec plus de facilité que précédemment.

V, p. 136. — L'arrêt du courant médian dans le filet d'eau qui se détache du bord inférieur de la mare est moins général que je ne le croyais. Je l'ai signalé parce que je l'avais constaté un grand nombre de fois, le plus souvent, il est vrai, sur le carreau couvert de gouttelettes. Dans la dernière série de mes expériences, il ne s'est présenté que rarement, d'une manière bien prononcée. En général, il se produit lorsque le courant initial éprouve un ralentissement marqué, lorsqu'il y a une intermittence assez longue dans l'alimentation du canal.

VI, p. 137. — Les courants rotatoires sont toujours isolés du courant initial; nous en verrons du reste la raison dans le troisième paragraphe de cette notice.

§ 2.

I. — La lecture d'un mémoire de M. Dutrochet sur la circulation des liquides dans les tubes verticaux (1), me fit

---

(1) *Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux.* Bruxelles. Appendice, p. 556.

penser que les courants contraires pourraient peut-être aussi exister dans le liquide parfaitement pur, et que le phénomène dont nous nous occupons ne dépendrait pas de la présence des corpuscules solides, comme j'étais porté à le croire d'abord. Je fis à ce sujet plusieurs expériences infructueuses; enfin, j'eus l'idée de projeter sur la goutte descendante et la traînée qu'elle laisse derrière elle une petite quantité de poussières, des cendres très-fines et préalablement broyées entre les doigts; je vis alors plusieurs de ces granules remonter sur les côtés de la traînée.

Je remplaçai ensuite les corpuscules solides de mes précédents essais par de l'huile d'œillette. Ici encore je n'atteignis pas mon but du premier coup. Voici comment j'y parvins : je broyai fortement sur le verre une petite quantité d'huile dans une mince couche d'eau; le mélange s'opéra peu à peu, et il en résulta une couche blanchâtre uniforme; un mince filet d'eau, dirigé à travers ce dépôt, me donna immédiatement des courants contraires très-puissants et très-actifs.

Je ferai remarquer ici que c'est là le moyen le plus sûr et le plus prompt de faire les expériences. Les particules blanchâtres des courants contraires conservent longtemps leur mobilité dans le dépôt et sont, pour le moins, aussi ténues que celles des corps solides mis en expérience. La cause de cette réussite générale ne tiendrait-elle pas à la forme des globules, à leur densité et à leur petitesse? Toujours est-il que les globules oléagineux se comportent dans les courants de liquide absolument de la même manière que les granules solides.

De ces deux faits, je crois pouvoir conclure que les courants contraires existent dans la masse liquide descendant sur une surface polie, que les corpuscules étrangers ont

simplement pour effet de les rendre sensibles. Il en résulte que le titre de ma première notice devrait être changé et remplacé par celui-ci : *Des courants contraires dans les liquides*, ou : *Des doubles courants dans les liquides en mouvement*. On voudra bien me pardonner ces petites erreurs occasionnées par la précipitation avec laquelle ma première communication a été faite. C'est sur les vives instances de M. le Président de la Société et de plusieurs confrères que je me suis décidé à livrer à la publicité le résultat d'expériences que j'avais faites dans le principe, pour ainsi dire, par amusement, ne songeant guère qu'elles pussent avoir quelque importance, ni qu'elles eussent trait à un sujet nouveau.

II. — Les courants contraires se produisent non-seulement dans les canaux, mais encore au milieu de la mare, dans le sein du dépôt de globules. Il faut pour cela que le dépôt ne soit pas trop compacte et qu'il n'adhère pas trop à la surface du verre, c'est-à-dire que les globules ne soient pas trop nombreux et qu'une quantité suffisante de liquide soit interposée entre eux. Dans ces conditions, les courants contraires se déclarent promptement, mais il est difficile de les maintenir longtemps en activité : la goutte que l'on fait descendre au-dessus du dépôt s'arrête un instant au bord de celui-ci : il y a probablement là une ligne de globules desséchés adhérant au verre qui lui font obstacle; elle a par suite besoin d'une plus grande force, d'une impulsion plus vive pour continuer sa marche; cette impulsion lui est fournie par l'addition d'une nouvelle quantité de liquide. Avec cet excès de force et l'humidité du dépôt, elle s'élargit beaucoup plus que dans les circonstances ordinaires. Les courants se produisent,

mais leur durée n'est qu'instantanée; car le canal se vide presque immédiatement, et de nouvelles gouttes que l'on fait descendre par le même chemin, trouvant une voie libre, tombent rapidement sans s'élargir, ne pouvant par conséquent aller mettre en mouvement les globules qui forment les parois primitives du conduit. Les premiers globules déplacés remontent quelque temps, puis descendent par la partie moyenne du filet liquide, qui les entraîne jusqu'au terme de sa course.

III. — Une précaution essentielle à noter pour la réussite des expériences, c'est que les globules qui doivent former ou plutôt signaler les courants contraires soient dans un certain état de mobilité; ainsi il faut qu'une certaine quantité de liquide baigne toujours les corpuscules solides. Il arrive bien que les globules se mettent en mouvement dans des circonstances différentes, mais le phénomène est moins prompt, et surtout il se produit moins régulièrement. Sans doute qu'il y a alors une certaine adhérence entre les globules et le verre, adhérence provoquée par l'évaporation du liquide interposé. A ce propos, je me permettrai de recommander à ceux qui voudront répéter mes expériences, de préparer d'abord le tube et ensuite le dépôt de globules, afin de former le filet d'eau aussitôt que le mélange du dépôt est opéré.

IV. — Dans mes expériences avec l'eau-de-vie, j'ai remarqué quelques particularités qui méritent d'être signalées.

J'ai d'abord constaté une sorte de répulsion entre deux gouttes de ce liquide mises en contact; c'est ainsi que, dans un canal alimenté goutte à goutte par du genièvre, on voit les gouttelettes présenter une forme plus ou moins

hémisphéroïdale, visible dans une grande partie de la longueur du conduit : le mélange ne s'opère que d'une manière très-lente et insensible.

Cette sorte de répulsion, tout le monde a pu la constater sur la paroi intérieure d'un verre de cognac ou d'eau-de-vie à moitié rempli. Après avoir mouillé cette paroi au-dessus du niveau du liquide, il se forme, à quelque distance, un rebord liquide plus ou moins sinueux ou une série de gouttelettes quelquefois d'assez fortes dimensions. On peut mettre ces gouttelettes en contact avec la masse liquide, en inclinant le verre, sans que pour cela elles disparaissent; au contraire, gouttelettes et rebord sont plutôt refoulés par l'approche de la masse liquide inférieure. Il s'établit bien un contact, mais il est instantané et ressemble assez bien au mouvement de la petite balle métallique du carillon électrique, et les gouttelettes ne sont absorbées qu'après un temps assez long.

C'est à cette manière d'agir de l'eau-de-vie que je dois une de mes plus singulières expériences. Après avoir formé un dépôt avec des cendres et de l'eau-de-vie, je plaçai l'extrémité capillaire de mon tube rempli du même liquide au milieu du dépôt. Il se produisit immédiatement autour du point de contact une aréole sèche ou du moins très-peu humectée qui prit une forme circulaire et qui atteignit jusqu'à un centimètre et demi de rayon; les globules et le liquide repoussés formaient un rebord autour de l'aréole. Il se produisit des courants dans ce rebord, mais si irréguliers et si inconstants que je ne saurais les décrire : tantôt c'était de droite à gauche dans toute la longueur du circuit, tantôt de bas en haut des deux côtés, se rejoignant ainsi à la région supérieure, tantôt, enfin, changeant brusquement de direction dans l'une ou l'autre portion de leur

parcours. J'ai noté comme spécimens les expériences représentées par les figures 1, 2, 3. Aussitôt que le tube est déplacé, les divers mouvements circulaires cessent, les molécules solides et liquides reviennent au centre de l'aréole en passant par la région supérieure et moyenne du rebord de l'aréole (*Voyez* fig. 3.)

On peut produire cette aréole sur une surface polie placée horizontalement. L'expérience se prépare comme toutes celles que nous avons rapportées. Si l'ouverture du tube n'est pas trop grande, il suffit d'un simple contact avec le dépôt semi-liquide pour que l'aréole se produise immédiatement. Elle s'étend pendant un certain temps, offrant dans son rebord les courants circulaires et capricieux signalés plus haut. Arrivée à son plus haut point de développement, on dirait qu'il s'est produit dans toute la périphérie une sorte de choc électrique qui a réduit en particules impalpables les globules les plus gros, des sortes de croûtes formées de particules solides accolées; alors tous ces corpuscules reviennent d'un mouvement lent, mais régulier, vers le centre de l'aréole, qui ne présente plus alors qu'une surface régulièrement parsemée de granules excessivement petits. Cette force de division est tellement grande que j'ai vu plusieurs fois, dans des aréoles d'un à deux centimètres de rayon, des pellicules de deux à trois millimètres, enlevées par la force centrifuge, réduites instantanément par la force centripède.

Ayant concentré mon attention sur ce point, je suis parvenu à lui assigner une cause assez plausible. Arrivé à une certaine distance du point de contact du tube, le rebord liquide a une tendance prononcée à s'atténuer, non pas en se mélangeant avec la couche externe, mais bien en s'infléchissant vers l'intérieur. Il arrive un moment où le bord

interne s'affaisse subitement, et la masse du rebord reprend son niveau normal en se dirigeant vers le centre de l'aréole. Pourquoi, dira-t-on, le rebord disparaît-il, pour ainsi dire, subitement? — Je n'en sais rien; mais je demanderai aussi pourquoi il se forme, pourquoi deux gouttes de genièvre placées sur une surface humectée ne se mélangent pas immédiatement? C'est là une propriété ou une particularité inhérente au liquide et que l'état actuel de mes connaissances ne me permet pas d'étudier d'une manière approfondie et fructueuse et qui, du reste, ne me paraît pas rentrer dans notre sujet (1).

Un autre fait à noter dans les mêmes expériences, c'est la puissance ou la persistance des courants contraires. Ainsi, après avoir produit un courant de genièvre à travers la mare et laissé ce courant s'éteindre complétement, les courants contraires conservent pendant longtemps leur marche ascendante dans le canal supérieur. Ils paraissent même changer de nature et devenir courants par influence, car les deux cordons de globules s'élargissent, se rejoignent et finissent par occuper toute la largeur du conduit. (Fig. 4.) Disons, en passant, que ce fait ne me paraît pas pouvoir s'expliquer d'une manière suffisante par la cause générale des courants contraires.

V. — Si l'on transvase un liquide d'un tube dans un autre, de manière que le tube supérieur, posé sur le bord de l'inférieur, fasse saillie au dedans de celui-ci, il se produit un courant rotatoire dans l'angle ainsi formé. Le li-

---

(1) Citons encore à ce propos et sans trop nous écarter, le fourmillement circulaire produit par une goutte de genièvre, placée légèrement et avec précaution sur la surface du café noir.

quide sort du tube supérieur en faisant une courbe d'autant plus forte que le transvasement est plus rapide; mais cette courbe s'infléchit bientôt vers la paroi du tube inférieur. A partir du point de contact, la majeure partie de la masse liquide coule le long de cette paroi, tandis qu'une certaine quantité remonte le bord, remplit l'angle des tubes. Si le liquide transvasé contient quelques granules de matière étrangère facilement visibles, ils signalent la présence et montrent l'activité du courant rotatoire.

Ce courant rotatoire s'explique aisément, me semble-t-il, par la réflexion, si je puis ainsi dire, du courant liquide au contact de la paroi du tube inférieur.

VI. — Depuis quelque temps, j'ai remarqué dans mes expériences une sorte de courant nouveau; voici dans quelles circonstances :

Si l'on produit à travers une mare récemment formée un canal d'une largeur analogue à celle des précédentes expériences, qu'on laisse ce canal devenir inactif et qu'ensuite on en forme un autre qui lui soit parallèle (environ un à deux centimètres d'intervalle), il se produit un mouvement dans les globules qui occupent l'espace intermédiaire entre les deux courants. Ces globules viennent du canal inactif, s'insinuent ou plutôt se frayent un étroit passage au travers du dépôt, pour aboutir au canal occupé par le filet liquide. Il y a ici une sorte d'attraction ou d'appel qui m'a fait donner à ce mouvement le nom de *courant d'appel.* Je dis une sorte de courant, parce qu'il n'y a pas ici une suite continue de globules charriés par une certaine quantité de liquide, mais bien un déplacement de globules isolés qui suivent une voie irrégulière, très-étroite, qui se forme, pour ainsi dire, au fur et à mesure qu'ils avancent. (Fig. 6.)

Les granules des courants d'appel, arrivés sur les bords du filet d'eau, se laissent généralement entraîner par lui dans son mouvement descendant; quelquefois il y en a qui se forment en courants contraires.

Ce phénomène, un des plus curieux de mes nombreuses expériences, est dû probablement à la vitesse du courant initial, car il ne se manifeste que lorsque celui-ci est très-rapide et très-volumineux. Nous savons que, dans ce cas, les courants contraires ne se produisent que rarement; c'est pourquoi les courants d'appel ne passent presque jamais en courants contraires dans le canal en activité.

Le mouvement d'appel est très-sensible dans l'intervalle qui sépare les deux canaux, mais on peut le suivre aussi jusqu'à une assez grande distance dans le canal inactif, pourvu que celui-ci ait conservé un certain degré d'humidité et une quantité suffisante de globules déposés par le courant qui l'a formé. J'ai fréquemment constaté cet appel jusqu'à une distance de dix centimètres du bord inférieur de la mare, c'est-à-dire du point le plus inférieur de communication possible entre les deux canaux, et cela, sans qu'il fût possible de constater, même à la loupe, la moindre trace ni du courant descendant central, ni du courant contraire ou par influence. Au point le plus extrême de la région des courants d'appel, quelques globules se meuvent au milieu d'autres complétement immobiles. (Fig. 7). C'est donc là un cas tout à fait en dehors de ceux que nous avons examinés jusqu'ici; c'est pourquoi je me suis cru autorisé à lui donner une dénomination spéciale.

Une particularité remarquable des courants d'appel est reproduite par la figure 8. Le canal *a* fut établi d'abord, lorsqu'il ne présenta plus de traces de mouvement dans la même région inférieure (bien au-dessous de l'endroit où

se termine la figure). J'établis un canal en *b* avec un courant très-actif; je fis ensuite les canaux secondaires *c* et *d*. Dans le commencement, il se produisit, dans ces deux derniers canaux, de simples courants par influence, mais sans que rien fût changé dans l'état des divers conduits; il y eut un arrêt subit dans les canaux *c* et *d*, puis les globules qui y étaient engagés rétrogradèrent vers *a*, en se formant en courants d'appel. Dans la première période de cette expérience, il était assez curieux d'observer l'espèce de lutte que les deux courants se livraient au point *g*, celui de *d* voulant continuer sa marche vers *f*, et celui de *c* vers *e*; ces deux puissances combattirent à armes égales, et le résultat final de la lutte fut que le courant qui marcha vers *e* et celui qui prit la direction *f* furent produits presque intégralement par les corpuscules qui vinrent respectivement de *d* et de *e*.

Une expérience me montra d'une manière très-sensible la force et l'influence du courant d'appel; elle est représentée par la figure 9. Le canal formé en premier, *a*, étant devenu inactif, je produisis en *b* un canal à courant très-rapide. Au commencement, le courant *b* produisit encore le reflux de *c* vers *a*, reflux remplacé, après un arrêt instantané, par un courant d'appel de *a* vers *c*, qui vint se former en courant contraire vers *e*. Pour constater la force du courant d'appel, je fis descendre dans le canal *a* une goutte d'eau; cette goutte passa tout entière dans le canal *c*, tandis que, pendant une intermittence du courant *b*, une goutte de même puissance, placée dans le conduit *a* et dans les mêmes circonstances que la première, passa directement devant l'articulation du canal *c*, sans éprouver la moindre déviation. C'est surtout après cette expérience que je me suis décidé à distinguer cette variété de mouvement ou de courant.

Tandis que le courant d'appel se formait dans le canal *c* (même figure), il ne se produisait en *f* qu'un simple courant par influence, résultant de la bifurcation du courant contraire gauche de *b*.

VII. — Dans toutes les expériences que j'ai rapportées jusqu'ici, les courants contraires, ou plutôt les doubles courants, ne se signalaient que dans la région latérale des filets d'eau; je les observai aussi sur la surface même de la masse liquide.

Je remplaçai ma feuille de verre par une soucoupe, dans laquelle je figurai mes canaux par des morceaux de craie et de petits cailloux; au lieu d'eau, je pris de l'encre; enfin, je substituai des poussières légères aux globules solides. Tout était donc disposé pour rendre sensibles les moindres effets qui se produiraient. Les canaux furent mis en activité par une simple inclinaison de la soucoupe. Je vis alors les courants les plus bizarres et les plus capricieux de toutes les expériences que j'avais faites jusqu'alors : ils passaient, furetaient au milieu de mes petits récifs, montaient, descendaient, marchaient en tous sens; il y en avait de toute longueur, de toute largeur, de toute vitesse; ils se côtoyaient, se combattaient, se disputaient le passage avec opiniâtreté, succombaient et renaissaient tour à tour, à tel point qu'il me serait impossible de donner aucun dessin de cette expérience. Qu'il suffise de dire que je constatai dans cette seule épreuve l'existence de tous les courants que j'ai signalés.

Contrairement à ce qui se passe dans les canaux sur une plaque de verre ou sur une surface polie (1), ces divers

(1) Le carreau de verre n'a d'autre but que de rendre le phénomène plus sensible, à cause de sa transparence, et de ne présenter aucun obstacle à la marche des courants.

courants contraires survivent ici au mouvement descendant de la masse liquide; ils se faisaient encore remarquer alors que la majeure partie du liquide était parvenue depuis longtemps à la région inférieure de la soucoupe, et qu'il ne restait pour l'évolution des globules qu'une mince couche d'encre adhérant aux parois du vase et des morceaux de craie ou de pierre.

§ 3.

I. — Je crois avoir trouvé la cause principale des divers courants que nous avons étudiés jusqu'ici dans le fait suivant que j'avais observé depuis longtemps, mais dont j'étais loin de prévoir la valeur et l'importance, quant au sujet qui nous occupe.

Une goutte d'eau ou de liquide quelconque qui descend sur une surface polie n'est pas animée d'un simple mouvement rectiligne de glissement, mais bien d'un double mouvement de rotation. Cette double rotation prend naissance dans la région moyenne et inférieure de la goutte, se dirige vers ses bords latéraux, les suit jusqu'à une certaine distance (de un à deux centimètres du point d'origine), puis descend par la région moyenne et antérieure de la traînée liquide que laisse la goutte derrière elle.

La figure 10 donne la vue de face de ces deux courants rotatoires; la figure 11, le profil, et la figure 12 en reproduit une vue perspective. Ces trois figures sont toutes grossies; quant à la dernière, je dois dire qu'elle est idéale, car il est impossible de placer la loupe dans une position telle que la gouttelette apparaisse sous cet aspect; mais elle se déduit facilement de la combinaison des deux autres.

Il me semble que l'on peut assez facilement se rendre compte de ce mouvement. La masse liquide, par suite de son adhérence à la surface du verre et de l'action de la pesanteur qui agit sur elle, prend une forme plus ou moins hémisphérique; son épaisseur est le plus grande dans sa partie médiane; il en résulte que son adhérence au verre est moins grande dans cette région que sur les côtés, d'où il suit aussi que les molécules liquides y conservent une plus grande mobilité. Cette mobilité existe à son plus haut point sur la ligne médiane, et va en s'atténuant vers les côtés. Ainsi, la gouttelette a un mouvement plus rapide dans son milieu; mais cette rapidité ne se communique pas intégralement à toute la masse; c'est pourquoi une certaine quantité de liquide reste toujours en arrière de la gouttelette.

Supposons maintenant que la goutte d'eau descende par intermittences, les intervalles de mouvement et de repos étant aussi courts qu'on le voudra. Par suite des déperditions successives qu'elle a éprouvées dans sa marche, la gouttelette n'est plus assez volumineuse pour continuer à descendre; la partie moyenne s'arrête donc, oppose une certaine résistance au courant central, formé par la chute du liquide resté en arrière, résistance qui produit la bifurcation du courant, par simple réflexion de la force qui anime le courant descendant. La partie réfléchie agit alors de toute son influence sur les molécules latérales, dont le mouvement est nul, ou du moins presque nul, ce qui leur permet de se laisser entraîner facilement. Ce mouvement, devenu ascendant, est d'autant plus fort qu'il se produit dans la région la plus externe du filet liquide. Ce courant étant là en contact avec des particules solides ou liquides, tend à les entraîner avec lui par simple frottement. La goutte

qui suivra aura aussi le même mouvement; elle entraînera les premiers globules un peu plus haut, et de même pour toutes celles qui suivront.

Que les deux courants rotatoires marchent, à l'origine, d'avant en arrière, cela peut encore s'expliquer. Par suite de l'épaisseur de la masse liquide, son centre de gravité ne se trouve pas sur la surface de frottement, mais bien à quelque distance en avant : la masse est sollicitée à tomber plutôt qu'à glisser; sur la surface même, l'action de la pesanteur est annihilée par l'attraction, l'adhérence entre les deux corps. Au fur et à mesure que la gouttelette avance, une nouvelle quantité de liquide est forcée d'adhérer au verre, tandis que la traînée laissée en arrière descend d'un mouvement plus lent, sollicitée par les lois de l'équilibre, et vient se superposer au dépôt, pour reconstituer la gouttelette terminale.

Rendons les intermittences infiniment petites, rendons-les nulles, nous obtiendrons la continuité du courant, et les effets que nous venons d'indiquer ne s'en présenteront pas moins. Faisons descendre dans le canal humide formé par le passage de la gouttelette de petites quantités de liquides à des intervalles très-rapprochés, nous rendrons à la gouttelette l'impulsion qu'elle perd continuellement. Substituons enfin à ces séries de gouttelettes un courant continu, d'une faible intensité, tel que nous l'avons dit plus haut, et nous aurons dans le canal un courant continu et régulier qui mettra en mouvement les globules en contact avec ses parois; nous aurons ainsi les courants contraires.

On peut rendre plus sensible le double mouvement de rotation que nous venons d'étudier dans tous ses détails. Il suffit de placer, n'importe dans quelle position, une

goutte de liquide sur une surface polie et de projeter sur elle, au moyen du tube des précédentes expériences, un courant d'air dans une direction qui se rapproche plus ou moins de celle de la surface : la double rotation se reproduit immédiatement et avec une grande intensité. Le courant d'air n'est-il pas ici le représentant du courant initial ou central dont nous venons de parler?

Dans certains cas, les mouvements rotatoires de la gouttelette ne sont qu'apparents; les globules rejetés sur les côtés restent fixes, en attendant que la gouttelette ait parcouru un espace suffisant pour ne plus agir sur eux : alors ils descendent vers la région médiane du canal. Mais cela tient uniquement à la force et au volume trop faibles du courant ou filet liquide.

Si le canal, au lieu d'être vertical, comme dans le cas que nous venons d'examiner, se rapproche plus ou moins de la direction horizontale, il présente cette particularité qu'il n'y a pas de bifurcation du courant central; la gouttelette en mouvement représente ici une moitié de celle que nous avons suivie dans son évolution. La plus grande quantité du liquide s'accumule le long du bord inférieur du canal, qui représente la ligne médiane du canal vertical; son mouvement s'atténue vers le bord supérieur, et c'est dans cette région que le courant contraire se déclare ou se manifeste. (Fig. 13.)

Essayons maintenant d'appliquer ces faits à l'explication des divers courants que nous avons signalés.

a. — Nous avons vu comment se forment et s'appliquent les courants contraires simples.

b. — Les courants contraires ne se manifestent que dans la région contiguë au filet liquide : ils sont formés par les courants latéraux de ce filet.

c. — La largeur des canaux est indifférente, pourvu qu'il y ait un certain rapport entre la masse du liquide, sa vitesse et les dimensions des granules. — Avec des globules trop gros, il n'y a pas assez de place dans le canal, et, de plus, il faut, une grande force pour les enlever. Dans un canal trop large il faut une plus grande quantité de liquide: sa vitesse est trop considérable, et le frottement ne s'exerce pas assez longtemps pour pouvoir emporter les globules voisins.

d. — La marche capricieuse des courants contraires dans les ramifications du filet principal ou dans les canaux anastomosés, s'explique par le plus ou moins de force de ces mêmes courants et leur influence de contact sur leurs voisins.

e. — Les courants rotatoires ne sont qu'un simple cas particulier des courants contraires; ils reprennent leur marche descendante par suite de l'obstacle que leur présente le courant central, au coude supérieur à leur point d'origine. La figure 13 nous a montré leur formation. Dès que les courants contraires ont marché pendant quelque temps, ils contiennent toute la masse de particules solides et de liquide qu'il est possible de loger dans l'intervalle qui sépare le courant central de sa paroi; alors le courant rotatoire est complétement isolé: il tournoie par suite du frottement qui s'exerce entre lui et le courant initial.

Il résulte de là que les courants rotatoires que je croyais, lors de ma première communication, pouvoir assimiler à la gyration dans les cellules végétales, sont tout à fait en dehors des phénomènes physiologiques de la circulation de la séve dans les végétaux.

f. — Les courants par influence sont simplement des courants contraires poussés dans des canaux devenus inac-

tifs; aucune cause ne venant activer leur marche, ils s'avancent, poussés par la force d'impulsion qui a produit les courants contraires : de là la forme élargie qu'ils prennent et la lenteur de leur marche, relativement au courant initial.

II. — A côté de cette cause principale, il y en a de secondaires. Ainsi les courants contraires sont activés par la réflexion de la force dont le courant initial est animé, réflexion qui se produit par un obstacle quelconque, placé en travers de la voie qu'il suit. Il est vrai que cette cause rentre dans la première, puisqu'elle produit les deux rotations de la gouttelette; mais des expériences me l'ont montrée d'une manière plus directe et plus sensible.

a. — D'après les conseils de M. Brongniart, j'ai fait des expériences avec des tubes de verre de diverses dimensions. C'est dans cette série que j'ai remarqué les courants rotatoires par transvasement.

En versant le long de la paroi d'un tube une certaine quantité de liquide avec des globules en suspension, il ne se présente rien de particulier dans la première période, mais dès qu'une couche plus ou moins puissante de liquide s'est formée au fond de l'éprouvette, on voit les deux courants contraires se produire le long des bords de la masse descendante.

Ces courants sont d'autant plus rapides que le transvasement s'opère avec plus de célérité; ils cessent aussitôt après l'arrêt du liquide descendant, d'où il me paraît évident qu'ils sont formés par réflexion.

b. — En plaçant un obstacle quelconque en travers du canal, les courants contraires se produisent aussi immédiatement; ils disparaissent dès que la quantité de liquide

accumulée dans la région supérieure est assez puissante, soit pour franchir l'obstacle, soit pour le tourner : alors, la réflexion ne s'opère plus et toute la masse liquide tombe.

c. — Un jour je vis se former, au bas d'un canal à mouvement très-lent et à volume liquide très-petit, une gouttelette terminale; celle-ci descendit par un filet très-étroit et se reforma en gouttelette un peu plus bas (fig. 14). Quelques globules nageaient sur cette dernière et formaient comme une croûte à sa région inférieure. Le courant faible de granules charriés par l'eau du canal venait frapper cette croûte; ce faible obstacle suffisait pour lui faire changer de direction et prendre la forme rotatoire.

d. — Dans mes expériences avec des liquides différents, j'avais un jour formé un canal avec de l'eau et quelques globules rares et ténus. Je voulus alors y faire descendre de l'huile d'œillette; je ne fus guère surpris de voir cette huile descendre en un globule occupant toute la largeur du canal; mais, ce qu'il est plus utile de noter, c'est que ces globules, en arrivant à l'extrémité du conduit, exerçaient une certaine pression sur les corpuscules solides et le liquide qui s'y trouvaient et faisaient, comme toujours, remonter les premiers le long des parois jusqu'à une assez grande distance, variant d'après la puissance et la force d'impulsion de la goutte d'huile (1).

e. — Si l'on fait aboutir à un canal horizontal trois canaux verticaux assez rapprochés, qu'on en laisse deux devenir inactifs, tandis qu'on entretient une certaine intensité régulière dans le troisième, on voit les courants par

---

(1) N'y aurait-il pas moyen d'appliquer cette expérience à la vérification des lois de la chute des corps pour les liquides?

influence se produire dans les deux premiers conduits par le passage du courant initial au devant de leur base.

III. — Enfin, l'expérience rapportée au deuxième §, VII, ne pourrait-elle pas nous montrer le rôle que la capillarité joue dans certains cas, ou dans tous, concurremment avec les deux causes que nous venons de signaler.

Conclusion.

De tous les faits que nous venons de rapporter, il résulte que le phénomène que nous avons étudié avec tant de patience et dans tant de détails est purement mécanique, que ce que nous avons pris pour une nouveauté est une singularité quelque peu remarquable, une application nouvelle de cette loi de mécanique que le frottement engendre le mouvement, ou une modification plus ou moins profonde des effets de la pesanteur.

Non-seulement le titre de ma première notice, comme je l'ai dit plus haut, devrait être changé, mais encore le plan général du travail aurait besoin d'être modifié. La partie essentielle du phénomène, ce sont les courants contraires; c'est même là tout, car les courants rotatoires et par influence n'en sont que des variétés résultant des circonstances particulières de l'expérience et qui ne méritent peut-être pas l'honneur d'une dénomination spéciale.

Si les causes que j'ai assignées aux courants contraires sont aussi plausibles pour les physiciens qu'elles me le paraissent, il n'y a plus qu'à chercher une explication des courants d'appel. Pour moi, je n'en vois d'autre qu'une espèce d'attraction, une sorte de vide qui se produit dans le voisinage immédiat du courant principal, vide qui se

comble peu à peu et de proche en proche, jusqu'à une assez grande distance.

J'avais dit dans ma première notice que j'entrevoyais entre ces faits et la circulation de la séve dans les végétaux, des analogies assez frappantes; des personnes très-éclairées dans la matière et à qui j'avais donné connaissance de mes travaux étaient assez portées à partager mon avis; mais je dois dire que mes espérances ont été déçues par mes dernières expériences.

Qu'il me soit permis, en terminant, d'offrir publiquement mes très-sincères remercîments et de témoigner ma profonde reconnaissance aux illustres savants qui ont bien voulu m'aider de leurs conseils, m'encourager de leur généreux appui, mettre à ma disposition leur science et leurs lumières. Merçi donc à M. le Président, à MM. Plateau, Brongniart, Piré, Strail, Martens, Morren, et en général à tous les membres de la Société.

EXPLICATION DES FIGURES.

Fig. 1. — Aréole formée au milieu d'un dépôt de globules humectés d'eau-de-vie par le simple contact du tube au point *a*.

— 2. — Idem. Le rebord aréolaire simule une espèce de siphon.

— 3. — L'aréole de la figure 2, aussitôt après le déplacement du tube.

— 4. — Un canal et un dépôt formés avec du genièvre et des globules de craie. La partie plus claire du dépôt *m* résulte du déplacement des globules par l'arrivée du courant *a*. Ce courant descendant est devenu tout à fait insensible, et les courants contraires n'en continuent pas moins à avancer vers le haut. Dans leur région inférieure, ces deux courants contraires s'élargissent et se rejoignent, simulant ainsi une sorte de courant par influence.

Fig. 5. — *a* et *b* les extrémités de deux tubes; *a* contient du liquide avec quelques globules en suspension, que l'on transvase dans le tube *b;* en *e* courant rotatoire.

— 6. — Courant d'appel. *a* canal en activité. Les globules du dépôt *m* sont immobiles, à l'exception de quelques-uns qui, venant de *b*, se frayent un chemin à travers la mare, pour venir en *e* descendre avec le courant *a*.

— 7. — *a* canal à courant très-rapide; *b* et *c*, canaux formés précédemment et n'offrant plus de courant que dans leur région inférieure, en *d*. L'immobilité est pour ainsi dire complète en *m*. Au-dessous de ces points, on voit les courants descendants et les courants contraires qu'ils ont formés, mais qui s'éteignent insensiblement. Au-dessus de *m*, courants d'appel qui viennent se mêler au courant descendant du filet liquide *a*.

— 8. — *b* courant en activité. Dans la première période d'alimentation, des courants par influence occupaient les canaux *d* et *c;* ces deux courants luttèrent au point *g*, chacun voulant continuer sa marche rectiligne; il en résulta que le courant de *d* remonta vers *e*, et celui de *c* descendit vers *f*. Quand ces courants eurent ainsi marché pendant quelque temps, il y eut un arrêt subit dans les canaux obliques, et les courants d'appel s'y manifestèrent de *e* vers *d* et de *f* vers *c*.

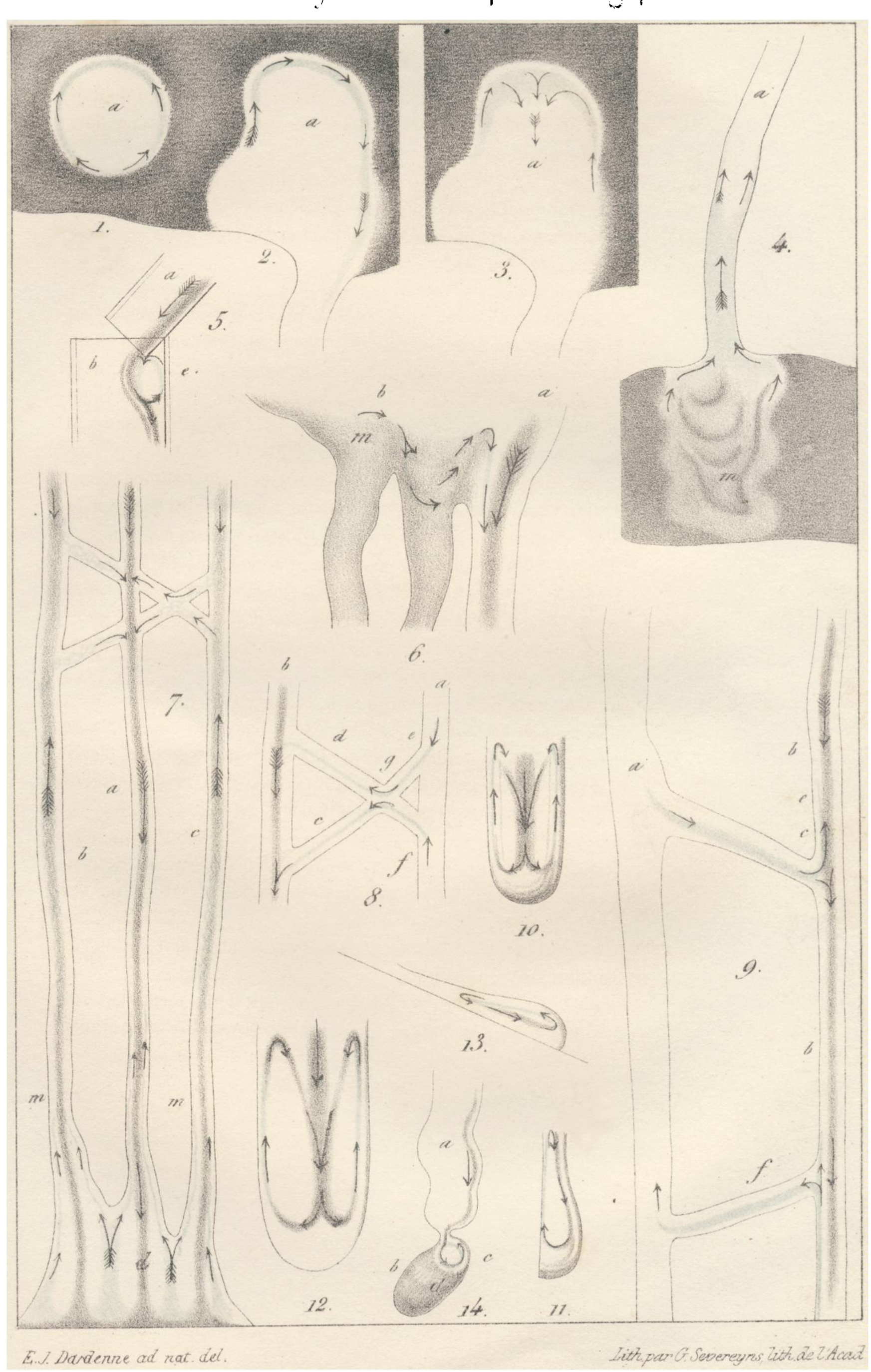
— 9. — *a* voie humide sans courant; *b* canal à courant descendant très-rapide. Tant que le courant de *b* marche, une goutte placée en *a* passe tout entière vers *b*. Si *b* s'arrête, la goutte placée dans les mêmes conditions continue sa marche rectiligne verticale. En *f* simple courant par influence.

— 10, 11, 12, 13. — Les courants rotatoires de la gouttelette liquide en mouvement sur une surface polie; les trois premières descendent verticalement, la dernière suit un canal oblique. Fig. 10, vue de face; fig. 11, profil; fig. 12, vue perspective. Les flèches indiquent suffisamment la naissance et la marche de ces courants rotatoires.

— 14. — *a* canal à courant très-faible; *b* gouttelette terminale sur laquelle nage la croûte *d;* en *c*, courant rotatoire produit par réflexion du filet de globules *a* au contact de la croûte *d*.

Visé, juillet 1864.

—



E. J. Dardenne ad nat. del.

Lith. par G. Severeyns, lith. de l'Acad.